

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojírenské metalurgie Školní rok: 1991/92

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Michala Hrabánka
obor strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Bodové odporové svařování pozinkovaných ocelových plechů při výrobě karoserií osobních automobilů.

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se se současným stavem svařování pozinkovaných ocelových plechů v automobilovém průmyslu.
2. Rozbor metalurgických aspektů svařitelnosti pozinkovaných plechů.
3. Návrh experimentálního programu a metodických postupů hodnocení kvality svarů.
4. Vyhodnocení experimentálních prací, závěry, praktická doporučení.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ostrovní nábřeží
STUDENSKÁ 5
411 01 LIBEREC

KSM/SM

V 19/92S

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího DP

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran

Seznam odborné literatury:

1. PLÍVA, L.: Odporové svařování. Praha 1975.
2. NEUMANN, H.: Bodové odporové svařování ocelových plechů s povlaky na bázi slitiny Al-Zn. /Výzkumná zpráva K 197/4/. Liberec, VŠST, 1990.
3. NEUMANN, H.: Odporová svařitelnost ocelových plechů s povlaky na bázi zinku a slitin zinku. /Technická zpráva č.ú.69135/350/. Liberec, VŠST, 1989.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Heinz Neumann, CSc.

Konzultant: Ing. František Mohelský
(Škoa a. a. s., Mladá Boleslav)

Zadání diplomové práce: 31. 10. 1991

Termín odevzdání diplomové práce: 29. 5. 1992



Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.
Vedoucí katedry



Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.
Děkan

V Liberci

dne 12.11. 19 91

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
Fakulta strojní

Obor 23 - 07 - 8
strojírenská technologie

zaměření
strojírenská metalurgie

BODOVÉ ODPOROVÉ SVAŘOVÁNÍ
POZINKOVANÝCH OCELOVÝCH PLECHŮ
PŘI VÝROBĚ KAROSERIÍ OSOBNÍCH
AUTOMOBILŮ

Michal H r a b á n e k

K S M - 395

Vedoucí diplomové práce : Ing.Heinz Neumann,CSc.
VŠST Liberec

Konzultant : Ing.František Mohelský
ŠKODA a.a.s. Ml.Boleslav

Rozsah práce a příloh

Počet stran : 56
Počet tabulek : 9
Počet obrázků : 13
Počet příloh : 0
Počet výkresů : 0

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146075929

29.května 1992

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou
práci vypracoval samostatně s použitím uvedené lite-
ratury.

V Liberci 25.5.1992.

Michal Hrabánek
Michal Hrabánek

O B S A H

	str.
1. ÚVOD	6
2. POZINKOVANÉ PLECHY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	
2.1. Druhy pozinkovaných plechů	7
2.2. Využití pozinkovaných plechů při stavbě karoserie	11
2.3. Problematika zavádění pozinkovaných plechů do ser.výroby karoserií	13
3. SVAŘOVÁNÍ OCELOVÝCH PLECHŮ S POVLAKEM ZINKU	
3.1. Odporové svařování - charakteristika	15
3.2. Specifika bodového odporového svařování pozinkovaných plechů	16
3.3. Elektrody pro bodové odporové svařování pozinkovaných plechů	19
3.4. Kvalita bodových odporových svarů	23
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	
4.1. Cíle experimentální části práce	26
4.2. Charakteristika základních materiálů	27
4.3. Použitá zařízení	29
4.4. Příprava vzorků	31
4.5. Provedení experimentu	33
4.6. Vyhodnocení experimentálních prací	36
5. ZÁVĚR	53

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK
A SYMBOLŮ

1 s	jednostranně pozinkovaný plech
2 s	oboustranně pozinkovaný plech
E	elektrolyticky pozinkovaný plech
Ž	žárově pozinkovaný plech
$d_{sv/}$	průměr svarového spoje
d_c	průměr svarové čočky
h_c	výška svarové čočky
$F_{max/}$	maximální únosnost svarového spoje
s	tloušťka svařovaného plechu
d_e	průměr pracovní plochy elektrody

1. ÚVOD

Vysoká konkurence na světovém automobilovém trhu nutí všechny výrobce osobních i nákladních automobilů neustále zdokonalovat své výrobky. Jedním ze směrů, kterým se dnes ubírá drtivá většina automobilových producentů, je důsledná ochrana karoserie před korozí. Odolnost proti prorozivění limituje životnost karoserie a je jedním z hledisek, podle kterých se zákazník rozhoduje pro tu či onu značku. Mnohaletý vývoj v oblasti protikorozní ochrany ukázal na nevyhnutelnost zavedení pokovených ocelových plechů do výroby automobilových karoserií.

Pokovené plechy splňují na straně jedné vysoké požadavky zákazníků, na straně druhé však přináší určité starosti a problémy výrobcům automobilů při vlastní výrobě karoserií. Jedná se zejména o přechod od používání holých ocelových plechů k plechům pokoveným. Před tímto úkolem nyní stojí i náš největší výrobce osobních automobilů a. a. s. ŠKODA Mladá Boleslav. Dnešní produkce pokovených plechů splňuje náročné požadavky odběratelů z řad automobilového průmyslu a nabízí jim možnost výběru ze široké škály typů. Současnost, ale i výhled do budoucnosti ukazují, že nejvhodnějším řešením ochrany karoserie proti korozi je použití ocelových plechů s povlakem zinku.

Jedním z problémů, charakteristických pro výrobu karoserií z pozinkovaných plechů, je jejich svařitelnost. Problematice bodového odporového svařování plechů s povlakem zinku je věnována tato diplomová práce, která vznikla jako součást spolupráce mezi VŠST Liberec a automobilovou a. s. ŠKODA Mladá Boleslav.

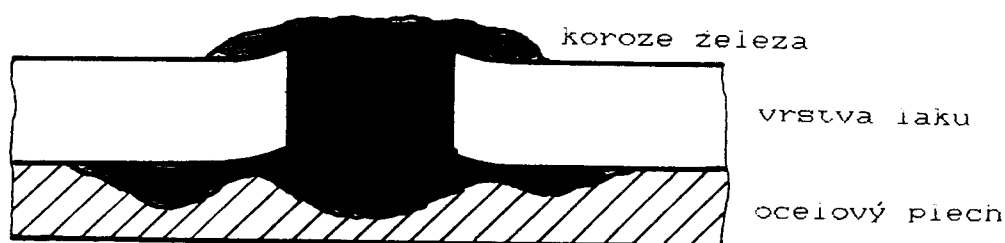
2. POZINKOVANÉ PLECHY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU

2.1. DRUHY POZINKOVANÝCH PLECHŮ

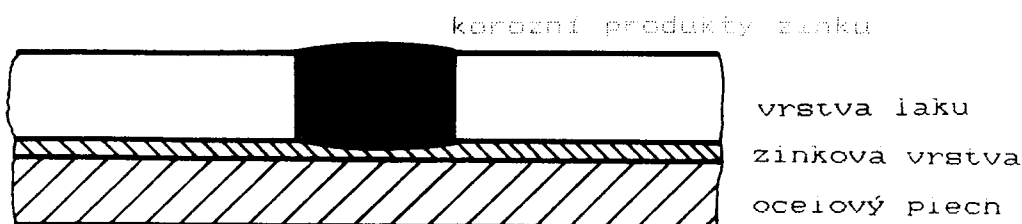
Ochrana ocelových plechů proti korozi je prováděna povlaky na bázi Zn, Al, Sn, Cd atd. Rozšířená je i ochrana vytvořená na bázi slitin těchto kovů. V poslední době také začínají nabývat na významu povlaky z nekovových materiálů.

V současné světové produkci ocelových plechů s ochrannými povlaky převládají plechy pozinkované. Výborné protikorozní vlastnosti těchto plechů spočívají ve skutečnosti, že zinek nanesený na povrchu se při elektrolytické korozi / za vlhka při přímém styku s jinými kovy / sám rozpouští. To znamená, že poruší-li se někde povlak, zinek sám toto místo působením elektrolytu zacelí.

Důsledek poškození laku na holém ocelovém plechu



Důsledek poškození laku na pozinkovaném oc. plechu



Obr. 1 Poškození laku

Při vytváření ochranného povlaku se používají tři základní metody./2/

- a / žárové pokovení ponorem do roztaveného kovu či slitiny kovů
- b / elektrogalvanická depozice vrstvy
- c / nanášení speciálních systémů s organickými pojivy a vysokým obsahem zinku

Ocelové plechy s ochrannými povlaky mohou mít povlak jednostranný nebo oboustranný. Plechy s oboustranným povlakem se vyrábějí z hlediska charakteru a tloušťky ochranné vrstvy :

- a / s povlaky stejné tloušťky a na stejné bázi na obou stranách plechu
- b / s povlaky nestejné tloušťky, ale na stejné bázi na obou stranách plechu
- c / s povlaky nestejné tloušťky a na různé bázi na obou stranách plechu

V současnosti jsou více používány plechy elektrogalvanicky pozinkované, které zřejmě nejlépe splňují požadavky automobilového průmyslu. Jejich zpracovatelnost a vlastnosti se totiž nejvíce blíží holému ocelovému plechu a zároveň prokazují vysokou korozní odolnost. Elektrolytické procesy navíc umožňují relativně jednoduchou výrobu jednostranně i oboustranně pokovených plechů, jakož i výrobu plechů se slitinovými povlaky v jedné nebo více vrstvách.

Plechý žárově pozinkované mají nespornou výhodu v nižší ceně. V nedávné minulosti se ale potýkaly se značným množstvím problémů. Hlavním nedostatkem je tvorba zinkového květu a jeho prorůstání skrz lak karoserie. Tomuto jevu lze zabránit dodatečným válcováním, ale to má zase za následek změnu tvárných

vlastností. Také výroba jednostranně pozinkovaného plechu je složitější než u elektrolytického způsobu výroby. V současnosti je ale řada problémů spojených se žárově pozinkovanými plechy vyřešena a nechá se očekávat, že tyto plechy budou nacházet větší uplatnění při stavbě karoserie.

Patrný je také v současnosti přechod od povlaků z čistého Zn směrem k povlakům slitinovým a vícevrstevným. Tato skutečnost zároveň značně rozšiřuje nabízenou škálu povlakovaných plechů. Ochranná vrstva se může skládat z :

- a / jedné vrstvy kovu / Zn /
- b / jedné vrstvy slitiny, např. Zn-Fe, Zn-Ni, Zn-Al a jiné
- c / více vrstev, např. Zn-Fe/Zn, Zn-Fe/Zn-Ni atd.
- d / více vrstev, přičemž spodní vrstva je tvořena kovem nebo slitinou a vrchní vrstva je tvořena směsí kovového prášku a organických pojiv
- e / jedné vrstvy tvořené z organických pojiv a kovového prášku

/viz. Tab. 1/

Výrobou ocelových povlakovaných plechů se v současnosti zabývá řada světových firem. Mezi nejvýznamnější patří Thyssen, Solac, Kawasaki Steel Co., Nisshin, Bethlehem Steel Co. a další.

Tab. 1

	schema	název	výroba			provedení		výrobce
			el.	žár.		1 s	2 s	
a		River Z Galvatitate Zintec Durgrip Zincote	ano ne ano ne ne	ano ano ne ano ano		ano ne ano ano ano	ano ano ano ano ano	Kawasaki Nippon Nippon
b		Galvanite Excel Zinclite Galvannealed River Hi Zinc	ne ano ano ne ano	ano ne ne ano ne		ano ano ano ne ano	ano ano ano ano ano	 Nippon Thyssen Kawasaki
c		Zincal I Zn II ZnPO Zincrox I Zn II Cr III CrOx	ano ano	ne ne		ano ano	ano ne	 Zincrooxid
d		I Zn II Welcote I Zn-Ni II Zincrometal	ne ne	ano ano		ano ano	ne ne	Nippon Thyssen
e		Zincrometal Welcote Bonazinc	ano ano ano	ano ano ano		ano ano ano	ne ne ne	Thyssen Nippon

2.2. V Y U Ž I T Í P O Z I N K O V A N Ý C H

P L E C H U P Ř I S T A V B Ě K A R O S E R I E

Protikorozi ochrana karoserie osobního automobilu se skládá z těchto vrstev : vrchní lak / cca 35 μm / ,plnič / cca 35 μm / ,elektrolytické základování / cca 18 μm / ,fosfátová vrstva, zinková vrstva / cca 7,5 - 12 μm /.

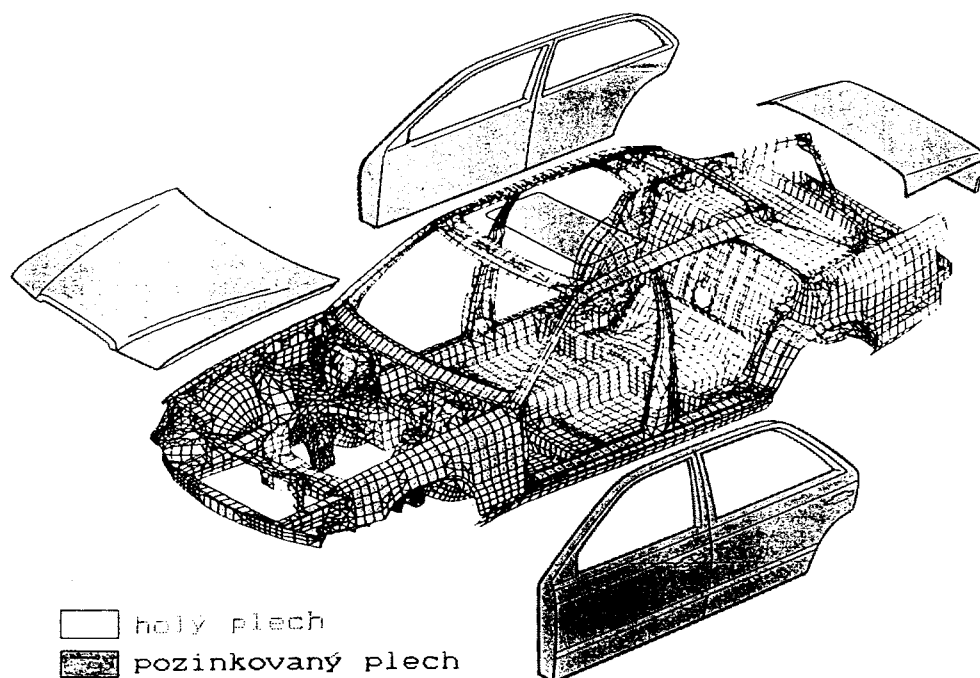
Pozinkování karosářských plechů je její podstatnou součástí. Procento použitých pozinkovaných dílů je u jednotlivých výrobců velmi rozdílné, od nepatrného množství pozinkovaných dílů až po kompletně pozinkovanou karoserii. Jednotlivé díly karoserie jsou také různě korozně zatěžovány a z toho tedy také pramení použití či nepoužití pozinkovaných plechů. Obecně lze prohlásit, že vždy se sleduje snaha o dosažení určitého hospodárného optima.

Tab. 2

automobil	množství pozink. plechů [%]	způsob pozink.	provedení
Audi 80	100	E , Ž	1s , 2s
MB 190	40	E	1s
Peugeot 205	42	E	1s , 2s
Renault 19	48	E , Ž	1s , 2s
Renault Clio	46	E , Ž	1s , 2s
VW Golf III	25	E , Ž	1s , 2s

Pozinkované plechy řeší korozní problém ve zvláště ohrožených místech karoserie automobilu. Jedná se zejména o přední partie vozu, podběhy kol, dveře, víko zavazadlového prostoru a některé části podlahy. Konkrétně firma Mercedes Benz používá u své modelové řady 124 cca 45 %

plechů s povlakem zinku a to na místech zobrazených na následujícím obrázku.



Obr. 2 Rozmístění pozink. plechů na voze MB řady 124

Aplikace pozinkovaných plechů umožňuje výrobcům poskytnout zákazníkovi záruku proti prerezivění karoserie na dobu 5 až 10 let dle množství použitých pozinkovaných plechů. U ve světě nejrozšířenější nižší střední třídy, do které patří i vůz ŠKODA Favorit, se tato záruka pohybuje okolo 6-ti let. O dostatečné ochraně proti korozi je možno hovořit při použití cca 30 % pozinkovaných plechů z celkové hmotnosti karoserie.

2.3. PROBLEMATIKA ZAVÁDĚNÍ POZINKOVANÝCH PLECHŮ DO SÉRIOVÉ VÝROBY KAROSERIÍ

Zavedení pozinkovaných plechů do sériové výroby karoserií velmi úzce souvisí s jejich zpracovatelností. Tuto je nutno posuzovat ve vztahu ke konkrétním technologickým podmínkám :

- 1 / druhu a vlastnostem povlaku / ch. složení, způsob nanášení, tloušťka povlaku atd./
- 2 / druhu a vlastnostem základního materiálu
- 3 / technologii zpracování / lisování, svařování, povrchové úpravy /

Požadavky automobilového průmyslu na zpracovatelnost pozinkovaných plechů zůstávají stejné jako na nepokovené hlubokotažné plechy. Skutečnost je ale taková, že zpracovatelnost pozinkovaných plechů je v porovnání s nepokovenými plechy obtížnější u všech zpracovatelských technologií. Spolu s těmito problémy je třeba řešit i problémy hygienické a to zejména na svařovacích pracovištích.

Problémem z hlediska lisování je otěr zinkové vrstvy na exponovaných místech výlisku způsobený zhoršenými třecími poměry materiálové dvojice pozinkovaný plech - lisovací nástroj. Důsledkem je zhoršení korozní odolnosti výlisku a postupné poškozování lisovacího nástroje.

V oblasti povrchových úprav pozinkovaných plechů se vyskytují problémy při nanášení dalších ochranných vrstev. Konkrétně se jedná o zhoršenou přilnavost fosfátu a u železových pozinkovaných plechů o kopírování zinkového květu.

Dalším specifickým pozinkovaného plechu je nemožnost použití anaforézy, protože při ní dochází k rozpouštění Zn a tím tedy ke znečišťování a znehodnocování lázně.

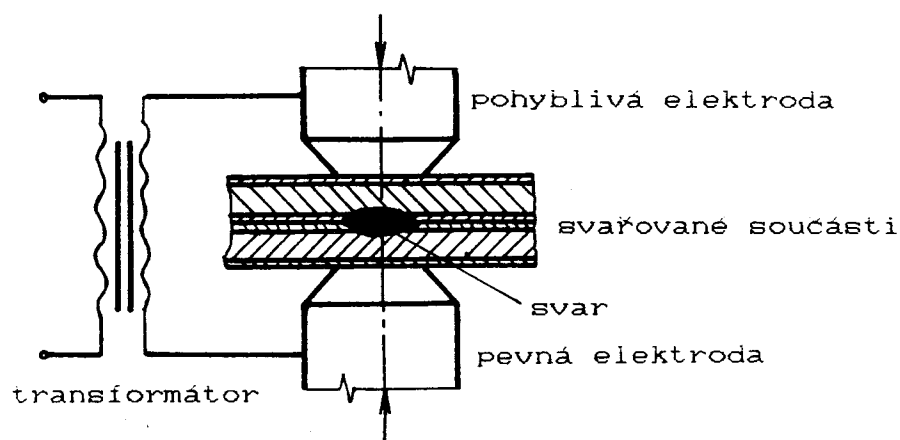
Problematika svařování je rozebrána v další kapitole.

3. SVAŘOVÁNÍ OCELOVÝCH PLECHŮ S POVLAKEM ZINKU

3.1. ODPOROVÉ SVAŘOVÁNÍ - CHARAKTERISTIKA

Při odporovém svařování se spoj vytváří teplem vyvinutým průchodem elektrického proudu svařovanými dílci a jejich stykem za spolupůsobení tlaku./ 9 /
Proud se do svařovaných částí přivádí elektrodami zhotovenými z mědi nebo slitin mědi. Podle konstrukčního uspořádání elektrod a pracovního postupu tohoto elektro-mechanického postupu rozdělujeme odporové svařování na bodové, švové, výstupkové a stykové./1/

Při výrobě karoserie automobilu je nejužívanější bodové odporové svařování. Při tomto způsobu se spoje vytvářejí v podobě svarových čoček mezi přeplátovanými dílci.



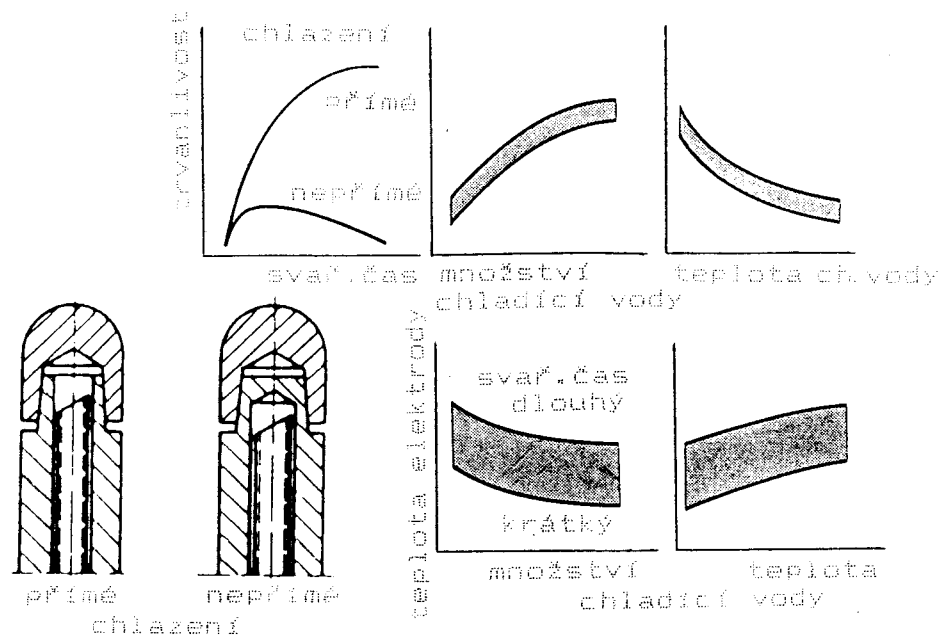
Obr. 3 Schema bodového odporového svařování pozink.plechů

3.2. SPECIFIKA BODOVÉHO ODPO- ROVÉHO SVAŘOVÁNÍ POZINKO- VANÝCH PLECHŮ

Při bodovém odporovém svařování zinkem pokovených ocelových plechů přichází nejprve svařovací nástroj - elektroda do styku s povlakem zinku. Tento povlak má odlišné vlastnosti od základního svařovacího materiálu, kterým je ocelový plech. Jako prvou odlišnost lze uvést nižší teplotu tavení povrchové vrstvy / teplota tání čistého Zn je 419°C /. Mimo nízké teploty tání se zinková vrstva vyznačuje dobrou elektrickou a tepelnou vodivostí. Hlavně díky velmi dobré elektrické vodivosti vedou zinkové povlaky ke snížení přechodových odporů mezi elektrodou a plechem / a také mezi plechy/.

Zvýšená tepelná vodivost povlaku vyžaduje vyšší dávku energie, t.j. zvýšení svařovacího proudu. Již tyto okolnosti vyžadují, že pro svařování pozinkovaných plechů je nutno zajistit jiné svařovací parametry než pro svařování čistých ocelových plechů. Obecně lze říci, že ke svaření zinkem pokovených plechů je nutno použít svařovací proud vyšší o cca 20 /4/ až 30 % /3/ a svařovací síly zvýšit o cca 10 % .

Mimo vyšších svařovacích výkonů je nutno zvýšit i chladicí účinnost, jejíž vliv na životnost elektrody je zřejmý z obr.4.

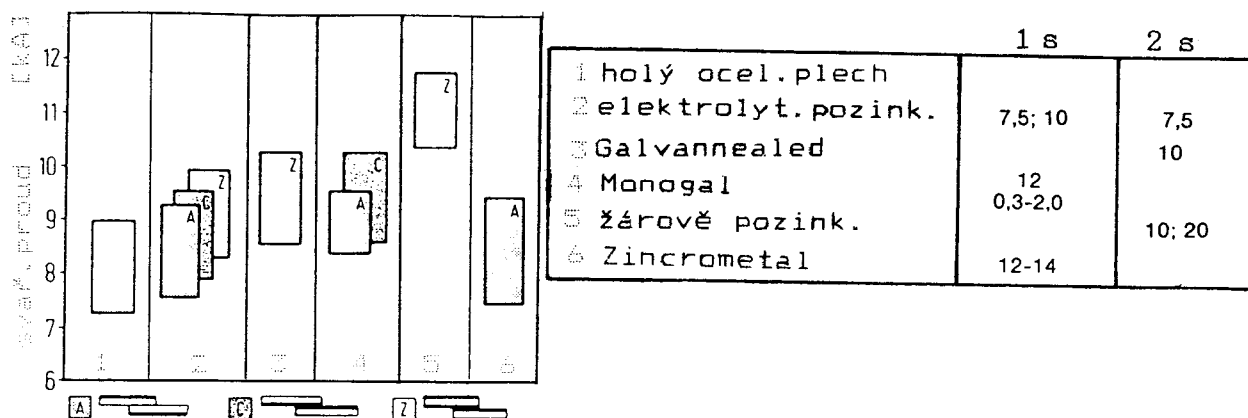


Obr. 4 Vliv chladicích podmínek na životnost svařovacích elektrod

Jako největší problém bodového odporového svařování pozinkovaných plechů lze označit radikální snížení životnosti svařovacích elektrod v porovnání se svařováním čistých ocelových plechů. V důsledku zhoršení jakosti elektrod velmi rychle klesá pevnostní kvalita spoje. Výrazné snížení životnosti svařovacích elektrod je způsobeno difusí Zn z povrchové ochranné vrstvy plechu do materiálu elektrody. Při použití elektrodových materiálů na bázi mědi tedy dochází k jejich legování zinkem a vzniká mosaz. Mosaz se oproti mědi vyznačuje nižší teplotou tání, vyšším elektrickým odporem, horší tepelnou vodivostí a nižší pevností při vysokých teplotách. Mimo přímého styku se zinkovým povlakem působí na elektrodu i zinkové páry, které kondenzují na chlazených elektrodách.

V důsledku těchto skutečností svařovací elektrody mění rychle svůj tvar, tzn. průměr pracovní plochy. Tím dochází ke změnám hustoty svařovacího proudu a tlaku, které jsou potřebné ke vzniku kvalitního svarového spoje.

Vliv na svařovací parametry má i druh použitého svařovaného materiálu od kterého vyžadujeme především rovnoměrnou tloušťku zinkové vrstvy. Dle dosavadních poznatků je zřejmé, že při stejné tloušťce zinkové vrstvy vyžadují elektrolyticky nanesené povlaky o málo vyšší svařovací proudy než povlaky získané žárově./4/Žárově pozinkovaný a následně vyžíhaný ocelový plech /Ferozinc/ má díky tomuto tepelnému zpracování relativně dobrou svařitelnost, protože během tepelného zpracování difundují částičky železa do zinkové vrstvy.



Obr. 5 Hodnoty svařovacího proudu pro plechy s různými povlaky v porovnání s holým ocelovým plechem/3/

Nezanedbatelným jevem doprovázejícím bodové odporové svařování pozinkovaných plechů je tvorba ZnO a nutnost jeho odsávání z pracoviště.

3.3. ELEKTRODY PRO BODOVÉ ODPOROVÉ SVAŘOVÁNÍ POZINKOVANÝCH PLECHŮ

Svařovací elektroda je součástí sekundárního obvodu svářečky a přichází do přímého styku se svařovaným dílcem. Její hlavní funkcí je přivádět do svařovaného místa proud o značně vysoké intenzitě. Z tohoto důvodu je většina svařovacích elektrod vyrobena z materiálu, jehož základní složkou je měď.

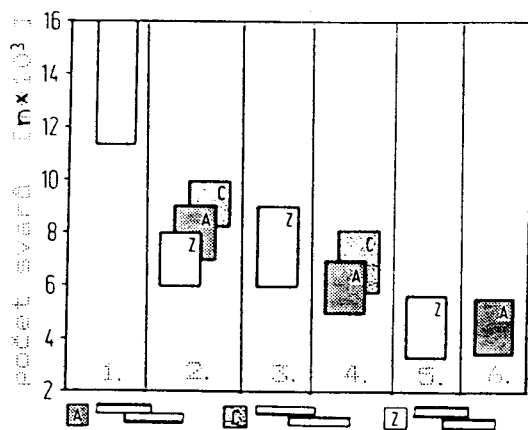
Od elektrodových materiálů jsou vyžadovány :/1/

- vysoká elektrická vodivost
- vysoká tepelná vodivost
- mechanická pevnost
- odolnost proti otěru za vyšších teplot
- co nejvyšší teplota měknutí
- co nejnižší sklon k nalegování svařovaným materiálem
- dobrá obrobiteľnosť
- nízké pořizovací náklady

Na správné funkci, kvalitě a stavu elektrod velmi závisí produktivita práce bodového odporového svařování.

Při svařování nepokovených ocelových plechů činí dosahovaná životnost elektrod 2 000 - 5 000 svarů. Při svařování stejného plechu s povlakem Zn se v důsledku tvorby mosazi životnost sníží na 200 - 1 000 svarů. Podle dosavadních poznatků může životnost svařovacích elektrod kolísat na jednom pracovišti až o $\pm 50 \%$. /4/

Životnost elektrod podle firmy Thyssen je zřejmá z obr. 6.

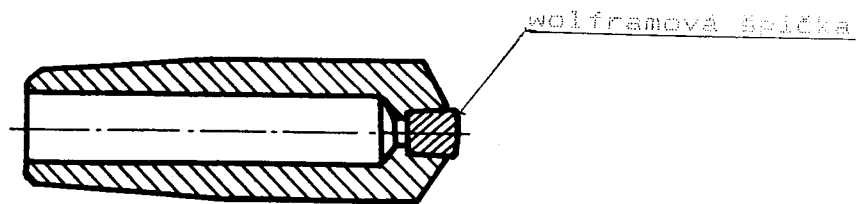


1.holý ocel.plech 2.elektrolyt.pozink. 3.Galvannealed
4.Monogal 5.žárově pozink. 6.Zincrometal

Obr. 6 Dosahovaná životnost svař.elektrod při svařování ocel.plechů s různými povlaky v porovnání s nepokoveným plechem.Tloušťky povlaků jako u obr.5.

Během svařování se mohou na pracovní ploše elektrody vytvořit deformace jako důsledek mechanické nebo chemické eroze. Ani jedna dvojice elektrod se potom neopotřebovává stejným způsobem. Změny pracovní plochy svařovací elektrody mají za následek nekontrolovatelnou změnu přechodového odporu mezi elektrodou a plechem a tedy i ovlivnění proudové hustoty nutné na vytvoření svaru.

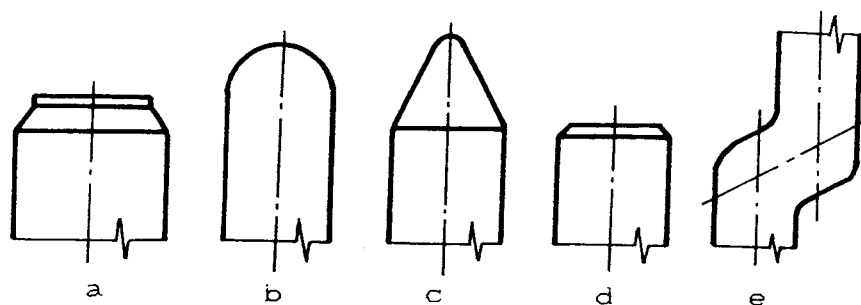
Jako elektrodový materiál se nejvíce osvědčila slitina Cu Cr Zr . Oproti materiálu Cu Cr vzrostla životnost elektrod o 30 %. V laboratořích byly také zkoušeny elektrody z materiálů Cu - Zr, disperzně vytvrditelných Cu-Al₂O₃ , či elektrody TiC, TiN, SiC, ale tyto ukázaly jen okrajové výhody a pro velkosériovou výrobu se ukázaly nevhodné. Známé jsou i pokusy s bodovými svařovacími elektrodami opatřenými wolframovou špičkou.



Obr. 7 Svařovací elektroda s wolframovou špičkou

Pro tyto elektrody je nutno zajistit vnitřní chlazení a jejich pomalé uvádění do provozu, jinak vznikají ve špičce trhliny.

Na výsledky svařování má výrazný vliv i tvar elektrody. Jako neoptimálnější se jeví přímé elektrody ve tvaru seříznutého kužele. Tento tvar zajišťuje odolnost vůči deformaci a zvětšování průměru pracovní plochy roztlačováním. Nejlepší výsledky jsou dosahovány s úhlem seříznutí 120° . /obr.8 d/ Použití bombírovaných elektrod / obr.8 b/ nebo elektrod dle obr.8 c se v každém případě odrazí v jejich nižší životnosti v porovnání se životností kuželových seříznutých elektrod. V situacích, kdy není možný přístup s přímými elektrodami, se často používají elektrody vyhnuté /obr.8e/. Vyhnutí a jeho velikost ale nepříznivě ovlivňují životnost elektrody a způsobují těžkosti při zabezpečení chlazení čela elektrody. Velmi dobrých výsledků se dosáhne při použití elektrod s válcovým osazením délky přibližně 1 mm. /obr.1a/ Tento druh elektrod je také například doporučován výrobcem pozinkovaných plechů firmou GALFAN.



Obr. 8 Tvary svařovacích elektrod

Nezanedbatelný význam pro správnou činnost elektrod má jejich pravidelná údržba, t.j. odstraňování povlaku z pracovní plochy elektrody a udržování jejího konstantního tvaru.

3.4. K V A L I T A B O D O V Ý C H O D P O R O V Ý C H S V A R Ů

Kvalita bodových odporových svarů závisí nejen na použitých svařovacích parametrech, ale také na dalších vlivech, které mohou působit současně / např. zvyšující se opotřebení elektrod/ nebo nahodile / např. změna kvality výchozího materiálu, změna napětí v síti/. Společné působení svařovacích parametrů a rušivých vlivů znemožňuje získat svarové spoje v určitém tolerančním pásu kvality. Mohou nastat i případy, že i při správném nastavení svařovacích parametrů se vlivem rušivých vlivů vytváří svary nepřijatelné kvality. Z tohoto důvodu se k zajištění rovnoměrné kvality svarových spojů používají systémy automatického sledování a řízení svařovacího procesu.

Kvalitu svaru můžeme jako jednu z výstupních veličin svařovacího procesu vyjádřit jako vícesložkový vektor

$$z = / d_{sv}; d_c; h_c; F_{max} \dots /.$$

Podle funkčních a provozních podmínek je nutno stanovit jednoznačně požadavky na svarový spoj a zároveň i určit kritéria, která přesně zhodnotí daný svar jako vyhovující nebo nevyhovující.

Ke zjišťování kvality svarových spojů existují zkoušky, které poměrně objektivně hodnotí vlastní výsledek svařování. Zkoušky bodových odporových svarů se dělí na :

a / destruktivní - mechanické

- technologické

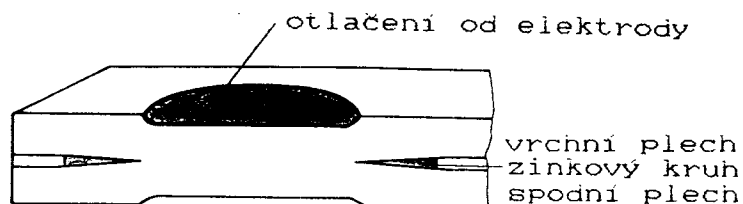
- metalografické

b / nedestruktivní - vizuální

- fyzikální

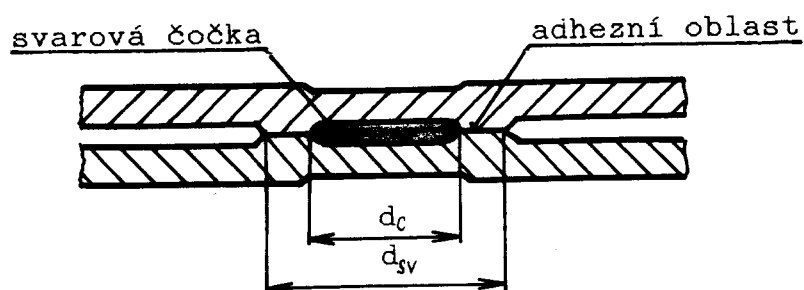
Bodové odporové svařování povlakovaných plechů se vyznačuje určitými metalografickými zvláštnostmi, na které je třeba brát ohled při vytváření metodiky hodnocení jakosti svaru. V místě dosedu elektrod dochází k natavení povlaku a vytlačování roztaveného kovu. Svařuje-li se s pevně nastavenými svařovacími parametry, dochází s rostoucím počtem svarových bodů k rychlému zhoršování jakosti svaru. V důsledku rostoucího opotřebení elektrod se mění charakter i rozsah poškození povlaku v místě dosedu elektrody. Dosedací plocha se zvětšuje, snižuje se měrný tlak a proudová hustota. Klesá intenzita vytlačování a natavování povlaku, vtisk přestává být hluboký a ostře ohraničený. Charakter a rozsah poškození povlaku má význam především z hlediska míry snížení protikorozní ochranné funkce.

Při svařování pokoveného ocelového plechu se vytváří dvě charakteristické oblasti svaru : svarová čočka a adhezní oblast. Svarová čočka je část ocelového plechu, která se nataví v průběhu svařování. Adhezní oblast / oblast přilnutí / je část svaru, ve které nedojde k natavení ocelového plechu, ale pouze k roztavení povlaku. Roztavený povlak je zároveň účinkem svařovací síly z velké části vytlačen a okolo vlastního svaru vytváří jakýsi „ zinkový kruh “.



Obr. 9 Zinkový kruh svarového spoje

Nevytlačený zbytek kovu povlaku ovlivňuje chemické složení svarové čochky. Adhezní oblast svaru se podílí na celkové únosnosti svaru a samozřejmě má vliv i na korozní odolnost svaru. Vznik trhlin v adhezní oblasti má za následek výrazný vrubový účinek. Mimoto umožňuje přístup korozního prostředí k vlastní svarové čochce.



Obr. 10 Charakteristické oblasti svaru

Pro celkovou jakost svaru je rozhodující velikost a tvar svarové čochky i charakter okolní oblasti svaru.

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1. C Í L E E X P E R I M E N T Á L N Í Č Á S T I P R Á C E

Experimentální část diplomové práce byla zaměřena na získání základních poznatků o vhodných technologických parametrech a životnosti elektrod při svařování tří různých typů ocelových pozinkovaných plechů. Úkolem bylo stanovit metodické postupy pro provádění výběru vhodných svařovacích parametrů a na základě takto získaných hodnot stanovit pomocí určitého testu životnost svařovacích elektrod.

V úloze byly zkoušeny tyto tři kombinace pozinkovaných plechů :

- a/ elektrolyticky jednostranně pozinkované plechy svařované pokovenými stranami k sobě
- b/ elektrolyticky oboustranně pozinkovaný plech - elektrolyticky oboustranně pozinkovaný plech
- c/ žárově oboustranně pozinkovaný plech - žárově oboustranně pozinkovaný plech

4.2. C H A R A K T E R I S T I K A Z Á K L A D - N Í C H M A T E R I Á L Ů

Pro experimentální práce byly k dispozici 3 typy ocelových pozinkovaných plechů. Jednalo se o plechy vyrobené ve VSŽ Košice a pozinkované u francouzské firmy SOLLAC.

1. elektrolyticky jednostranně pozinkovaný plech
11305.21

2. elektrolyticky oboustranně pozinkovaný plech
KHE 21

3. žárově oboustranně pozinkovaný plech KHE 21

Tyto plechy se značí podle přejímacích podmínek dohodnutých mezi VSŽ Košice a a.a.s. ŠKODA Mladá Boleslav TP 205 C 50/72.

Plechý byly dodány v tabulích o rozměrech :

1. 0,8 x 1230 x 1250 mm

2. 0,7 x 1230 x 1230 mm

3. 0,7 x 1200 x 1380 mm

Předpokládané použití těchto plechů na voze ŠKODA je následující :

1. na vnější výlisek dveří

2. na vnitřní výlisek dveří

3. na čílna blatníků

V a.a.s. ŠKODA byly proměřeny tloušťky povlaku zinku pomocí elektromagnetického tloušťkoměru MINITEST 2000 s těmito výsledky :

	<u>prům.tloušťka</u>	<u>max.</u>	<u>min.</u>	
1.	10,5	12,3	9,4	
2.	11,9	14,1	10,4	/ μm /
3.	13,8	18,5	7,6	

Při experimentu byly použity přímé vsazované elektrodové špičky C 16 ON 257672.2 z materiálu Cu - Cr podle ON 423039.71. Průměr pracovní plochy elektrody byl 5 mm s kuželovou pracovní částí o vrcholovém úhlu 60° .

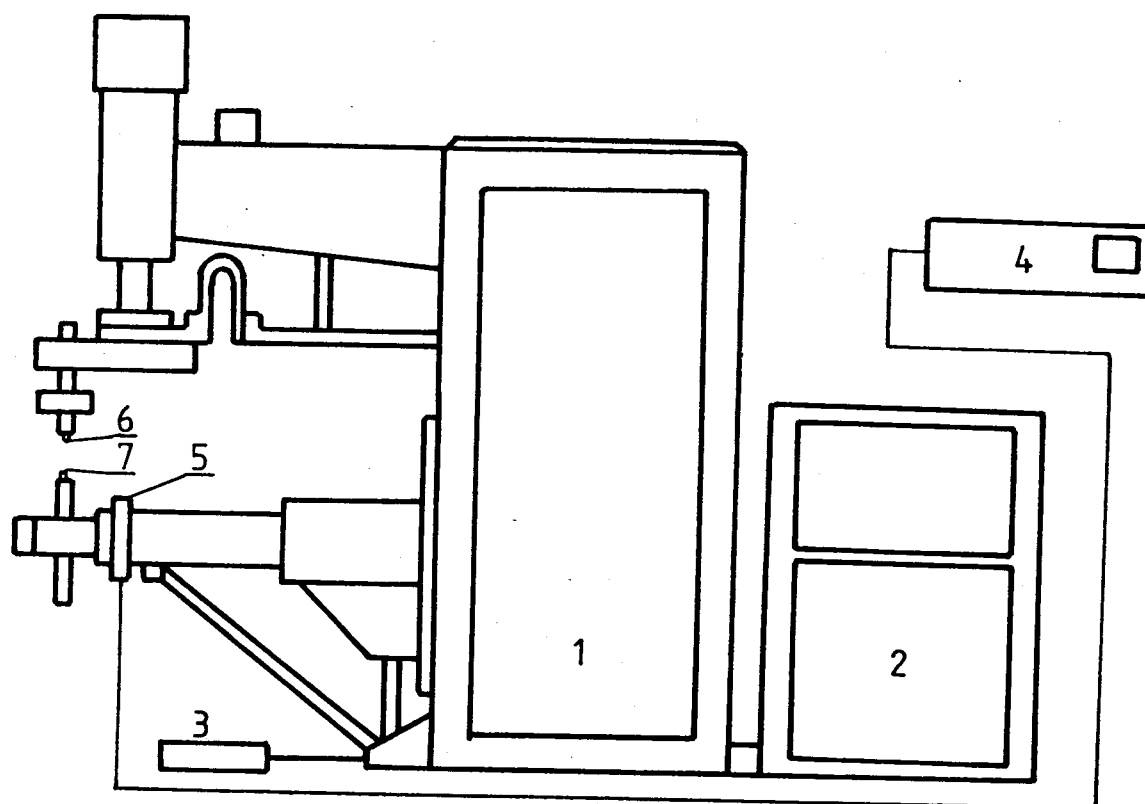
4.3. P O U Ž I T Á Z A Ř Í Z E N Í

V průběhu experimentálních prací byla použita následující zařízení :

1. Bodový odporový svařovací stroj WBP 80.2 s řídící skříní TS B 50. Stroj je vybaven měřícím zařízením, které je popsáno v práci /2/. S ohledem na zaměření experimentálních prací se využíval pouze měřič svařovacího proudu a času VÚZ MZP-201. Uspořádání svařovacího pracoviště je zobrazeno na blokovém schematu na obr.11.
2. Trhačka WPM typ 2141 pro provádění pevnostního vyhodnocení svarových spojů zkouškou tahem na odtržení plechu.
3. Abbeho komparátor - přístroj pro měření průměru svarů.

Součástí blokového schematu svařovacího pracoviště z obrázku č.11 :

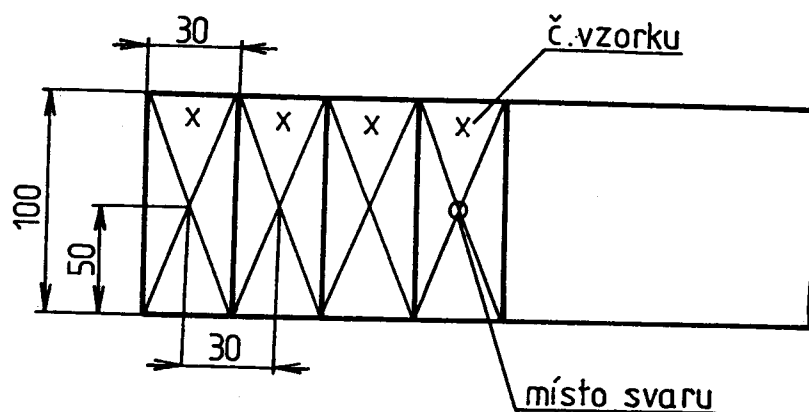
- 1 - bodový odporový svařovací stroj WBP 80.2
- 2 - řídící skříň TS B 50
- 3 - nožní spínač NS 9
- 4 - měřič svařovacího proudu a času VÚZ MZP-201
- 5 - snímač signálu k měření proudu a času
- 6 - horní elektroda
- 7 - dolní elektroda



Obr. 11 Blokové schema svařovacího pracoviště

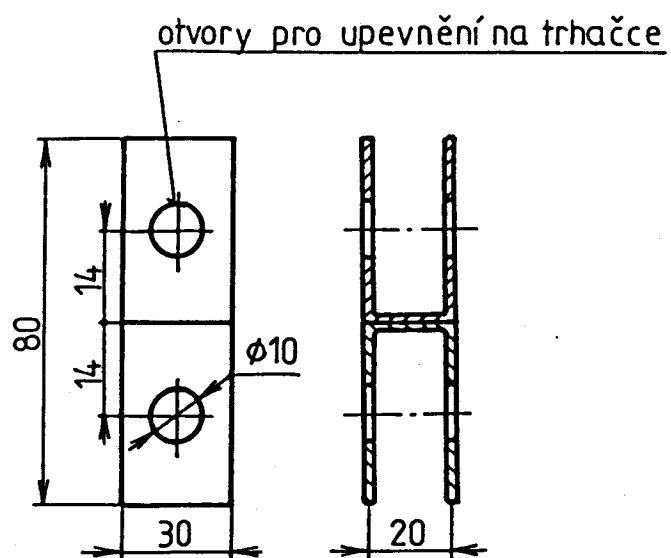
4.4. P Ř Í P R A V A V Z O R K Ů

Z dodaných tabulí plechu byly nastříhány pásy o šířce 100 mm. Na každém pásu byl vyznačen příslušný počet vzorků 30 mm širokých /viz.obr.12 /.



Obr. 12 Rozměry a označení vzorků

Každý vzorek byl očíslován. Místo pro svar bylo vyznačeno do středu každého vzorku, vzájemná vzdálenost mezi svary potom tedy činila 30 mm. Pásy byly očištěny a odmaštěny. Z takto upravených pásů byly vytvořeny dvojice, t.j. dva na sebe položené pásy. V tomto stavu se mohlo přikročit k vlastnímu svařování. Po svaření byly pásy nastříhány na tabulových nůžkách na jednotlivé vzorky. Pak byly vzorky navrtány a pomocí přípravku upraveny do tvaru U / viz.obr. 13/. Nyní byly vzorky připraveny na zkoušku tahem na odtržení plechu prováděnou na tahačce.



Obr. 13 Úprava vzorků pro tahovou zkoušku na odtržení
plechu prováděnou na trhačce

4.5. P R O V Á D Ě N Í E X P E R I M E N T U

První částí úlohy bylo stanovení vhodných svařovacích parametrů pro svařování 3 druhů pozinkovaných plechů. Abychom mohli posoudit svařovací parametry jako vhodné či nevhodné, je třeba vědět jakého výsledku svařování s nimi chceme dosáhnout. Proto je nutné mít určitou představu o vlastnostech budoucího svaru. Je zřejmé, že hlavním údajem, který nás bude zajímat, je maximální únosnost svarového spoje. Jako další faktor je třeba uvažovat vlastní průběh svařování s ohledem na přítomnost či nepřítomnost výstřiků z povrchu, hloubku vtisku elektrod, lepení elektrod během svařování. V praxi se však často musí respektovat také další požadavky na kvalitu svaru - např. stav povrchu plechu v místě dosedu elektrod. Tato okolnost hraje při svařování ocelových plechů s kovovými povlaky významnou úlohu. V místě dosedu elektrod totiž vždy dochází ke snížení ochranné funkce povlaku. Podle této priority byla stanovována kvalita svarů v této diplomové práci a na jejím základě vybírány vhodné svařovací parametry.

Protože svařovací parametry doporučené v literatuře ke svařování pozinkovaných plechů se dost liší - jak je zřejmé z tabulky č. 3, bylo nutno stanovit vlastní hodnoty proudu a času.

Při výběru bylo nutno brát ohled na možnosti použitého svařovacího stroje - konstantní svařovací sílu 2 250 N. Při stanovování vhodných svařovacích

parametrů se vycházelo z výkonových možností svařovacího stroje. Svařování tvrdým režimem, tzn. nastavení maximálního výkonu na jednotlivých stupních přepojovače výkonu a k tomu byl svařovací čas nastaven tak, abychom se při svařování pohybovali na hranici výstřiku. Tyto parametry byly brány jako základní. Z nich se potom stanovovaly parametry s nižším proudem /cca 80 % původní hodnoty/ a delším časem. Další variantou byla kombinace maximálního proudu a prodlouženého času stanovována tak, abychom se opět pohybovali na hranici výstřiku.

Doporučované svařovací parametry z literatury

Tab.3	tl.plechu /mm/	sv. síla /kN/	sv. proud /kA/	sv. čas /per/	Ø sv. elek. /mm/
firma Thyssen					
elektrolytický	0,75	2,5	10	8	5
žárově	0,88	3	13	10	6,5
VÚZ Bratislava					
elektrolytický	0,6-0,8	1,5	7	10	4
žárově	0,6-0,8	1,8	10	10	4

Po vyhledání vhodných svařovacích parametrů bylo možno přikročit ke druhé části úlohy - provedení testu životnosti svařovacích elektrod za použití vybraných svařovacích parametrů. Pro stanovení životnosti svařovacích elektrod byla vybrána metoda firmy FORD „Ford BA 13-1 test 2000“. Princip této metody spočívá ve vyhotovení 2000 svarů bez údržby či výměny svařovacích elektrod a vyhodnocení každého 250-tého svaru.

V této diplomové práci byla metoda upravena tak, že vždy po provedení 250-ti svarů byly vyhodnoceny svarové spoje tři. Bylo tak učiněno z důvodu zvýšení objektivity výsledků, neboť jak již bylo uvedeno, výsledky dosahované při bodovém odporovém svařování ocelových pozinkovaných plechů ovlivňuje celá řada náhodně působících vlivů. Jak potvrdily např. výsledky práce /2/ mění se v průběhu rostoucího opotřebení elektrod i rozptyl naměřených výsledků únosnosti a rozměru svaru v seriích zkušebních vzorků stejného rozsahu.

Životnost svařovacích elektrod je nutno posuzovat na základě kvality provedených svarů. Zde je nutno přesně určit, do jaké míry můžeme svarový spoj považovat za vyhovující. Proto byla mezní hranicí určena 80-ti procentní hodnota maximální únosnosti svarového spoje dosaženého na začátku testu, t.j. 80 % z aritmetického průměru maximální únosnosti přibližně 11.12. a 13.svarového spoje. Obdobné kritérium bylo stanoveno i pro posuzování velikosti průměru svaru. Zde se vycházelo z kritéria pro určování průměru elektrodové špičky $d_e = 5\sqrt{s}$ / s- tloušťka svařovaného plechu/. Jako mezní hranice byla stanovena hodnota $d = 3\sqrt{s}$.

4.6. V Y H O D N O C E N Í E X P E R I M E N T Á L - N Í C H P R A C Í

Výsledky zjištění při hledání optimálních svařovacích parametrů jsou zaznamenány v tabulkách a zpracovány do sloupcových grafů. Vždy první sloupec představuje hodnoty maximální únosnosti svarového spoje, sloupec druhý potom průměr svaru.

	max.naměřená hodnota
	aritmetický průměr
	min.naměřená hodnota

Nejlepších výsledků bylo dosaženo s těmito svařovacími

parametry :	/kA/	/per/
el.jednostr.pozink.	9,44	6
el.oboustr.pozink .	9,78	6
žár. oboustr. pozink.	9,98	6

U všech třech druhů pozinkovaných plechů se ukázala jako nejvýhodnější kombinace sv.parametrů č.1. U plechu oboustranně elektrolyticky pozinkovaného byla z hlediska pevnostního nejlepší kombinace č.3, t.j. zhruba stejný sv.proud jako u kombinace 1 ale při svařovacím čase 7 period.Protože se ale pevnostní výsledky lišily pouze nepatrně, tak ve prospěch 1.kombinace rozhodla lepší kvalita povrchu svaru.Podobná situace nastala i u plechu žárově pozinkovaného, kdy u 3.kombinace docházelo k výstřikům.

Také výsledky testu životnosti svařovacích elektrod jsou uvedeny v tabulkách a zpracovány do grafů.Při testu jednostranně elektrolyticky pozinkovaného plechu musel být experiment opakován, neboť při 12.svaru začlo dochá-

zet k výstřikům. Proto byl sv.čas změněn na 5 period, ale po několika svarech se opět objevily výstřiky. Nepomohlo ani snížení sv.času na 4 periody. Zároveň byla zjištěna i značná deformace špičky elektrody. Příčinou byl pravděpodobně příliš vysoký svařovací proud. Z tohoto důvodu byl experiment opakován, ale za použití nižšího svařovacího proudu 8,5 kA, t.j. zhruba o 1 kA méně než je hodnota proudu vybraného při hledání vhodných sv. parametrů.

Při svařování jednostranně elektrolyticky pozinkovaného plechu je možno pevnostní výsledky v průběhu 2000 svarů považovat za konstantní.

Svařování plechu oboustranně elektrolyticky pozinkovaného stanovilo životnost sv. elektrod do 1250 svarů.

Při svařování žárově oboustranně pozinkovaného plechu docházelo velmi rychle k poškozování špiček elektrod a dle stanoveného 80-ti procentního kritéria jsou vyhovující vlastně jen počáteční svary.

Při porovnání grafů znázorňujících únosnost svarového spoje s grafy zobrazujícími průměr svaru / v závislosti na počtu provedených svarů / je zřejmé, že únosnost svarového spoje se zvyšuje s rostoucím rozměrem svaru.

Tab. 4

HLEDÁNÍ VHODNÝCH SVAŘOVACÍCH PARAMETRŮ

Druh plechu: elektrolyticky jednostranně pozinkovaný							
Ø pracovní plochy elektrody: 5mm svařovací síla: 2250 N							
číslo kombi- nace	číslo vzor- ku	číslo svaru	svař. proud /kA/	svař. čas /per/	max.ún. spoje /N/	Ø svaru /mm/	Poznámka
1	1	5	9,50	6	3690	5,46	slabě opálený povrch
	2	6	9,50	6	3740	5,50	
	3	7	9,50	6	3720	5,09	
	4	8	9,45	6	3820	4,88	
	5	9	9,35	6	3920	4,88	
	6	10	9,35	6	4040	4,82	
2	7	14	8,00	11	3520	4,85	
	8	15	8,00	11	3340	4,70	
	9	16	8,00	11	3530	4,57	
	10	17	7,95	11	3600	4,66	
	11	18	7,95	11	3890	4,88	
	12	19	7,95	11	3370	4,84	
3	13	24	9,35	7	1610	4,74	výstřiky
	14	25	9,35	7	1920	4,83	
	15	26	9,20	7	2620	5,65	
	16	27	9,20	7	1600	5,72	
	17	28	9,20	7	1420	5,60	
	18	29	9,20	7	-	-	
4	19	18	12,20	1	-	-	výměna elektrod rozpad vzorků
	20	19	12,20	1	-	-	
	21	20	12,20	1	-	-	
	22	21	12,10	1	-	-	
	23	22	12,10	1	-	-	
	24	23	12,10	1	-	-	
5	25	29	10,20	3	3100	4,06	dobrý povrch
	26	30	9,90	3	3040	3,89	
	27	31	9,80	3	3130	3,83	
	28	32	9,95	3	3410	4,25	
	29	33	9,90	3	2960	3,73	
	30	34	9,95	3	3420	3,95	
6	31	39	12,20	2	1570	3,63	silné výstřiky, lepení elektrod
	32	40	12,25	2	1520	3,63	
	33	41	12,20	2	1580	3,71	
	34	42	12,25	2	1480	3,57	
	35	43	12,20	2	1800	3,86	
	36	44	12,15	2	1640	3,76	

Tab. 5

HLEDÁNÍ VHODNÝCH SVAŘOVACÍCH PARAMETRŮ

Druh plechu: elektrolyticky oboustranně pozinkovaný							
Ø pracovní plochy elektrody: 5mm svařovací síla: 2250 N							
číslo kombi- nace	číslo vzor- ku	číslo svaru	svař. proud /kA/	svař. čas /per/	max.ún. spoje /N/	Ø svaru /mm/	Poznámka
1	1	11	9,80	6	3100	4,17	slabě opálený povrch
	2	12	9,80	6	3100	4,19	
	3	13	9,75	6	3360	4,85	
	4	14	9,75	6	3060	4,83	
	5	15	9,75	6	3140	4,76	
	6	16	9,80	6	2820	4,56	
2	7	21	8,00	11	2180	4,47	dobrý povrch
	8	22	8,00	11	1940	3,59	
	9	23	8,00	11	1910	3,28	
	10	24	8,00	11	2020	3,60	
	11	25	8,00	11	2280	3,56	
	12	26	8,00	11	2100	3,72	
3	13	34	9,90	7	3040	4,99	slabě opálený povrch
	14	35	9,80	7	3260	5,04	
	15	36	9,80	7	2990	4,73	
	16	37	9,80	7	3280	4,92	
	17	38	9,75	7	3380	4,96	
	18	39	9,75	7	3260	4,96	
4	19	11	12,75	1	-	-	výměna elektrod rozpad vzorků
	20	12	12,80	1	-	-	
	21	13	12,75	1	-	-	
	22	14	12,75	1	-	-	
	23	15	12,60	1	-	-	
	24	16	12,70	1	-	-	
5	25	22	10,40	3	1260	4,03	dobrý povrch
	26	23	10,40	3	1240	4,09	
	27	24	10,35	3	1100	4,34	
	28	25	10,40	3	1120	4,27	
	29	26	10,45	3	1110	4,57	
	30	27	10,40	3	1280	4,22	
6	31	33	12,75	2	1850	4,05	výstřiky
	32	34	12,75	2	2050	4,19	
	33	35	12,80	2	2020	3,95	
	34	36	12,80	2	2100	4,02	
	35	37	12,85	2	1870	3,93	
	36	38	12,80	2	1970	4,01	

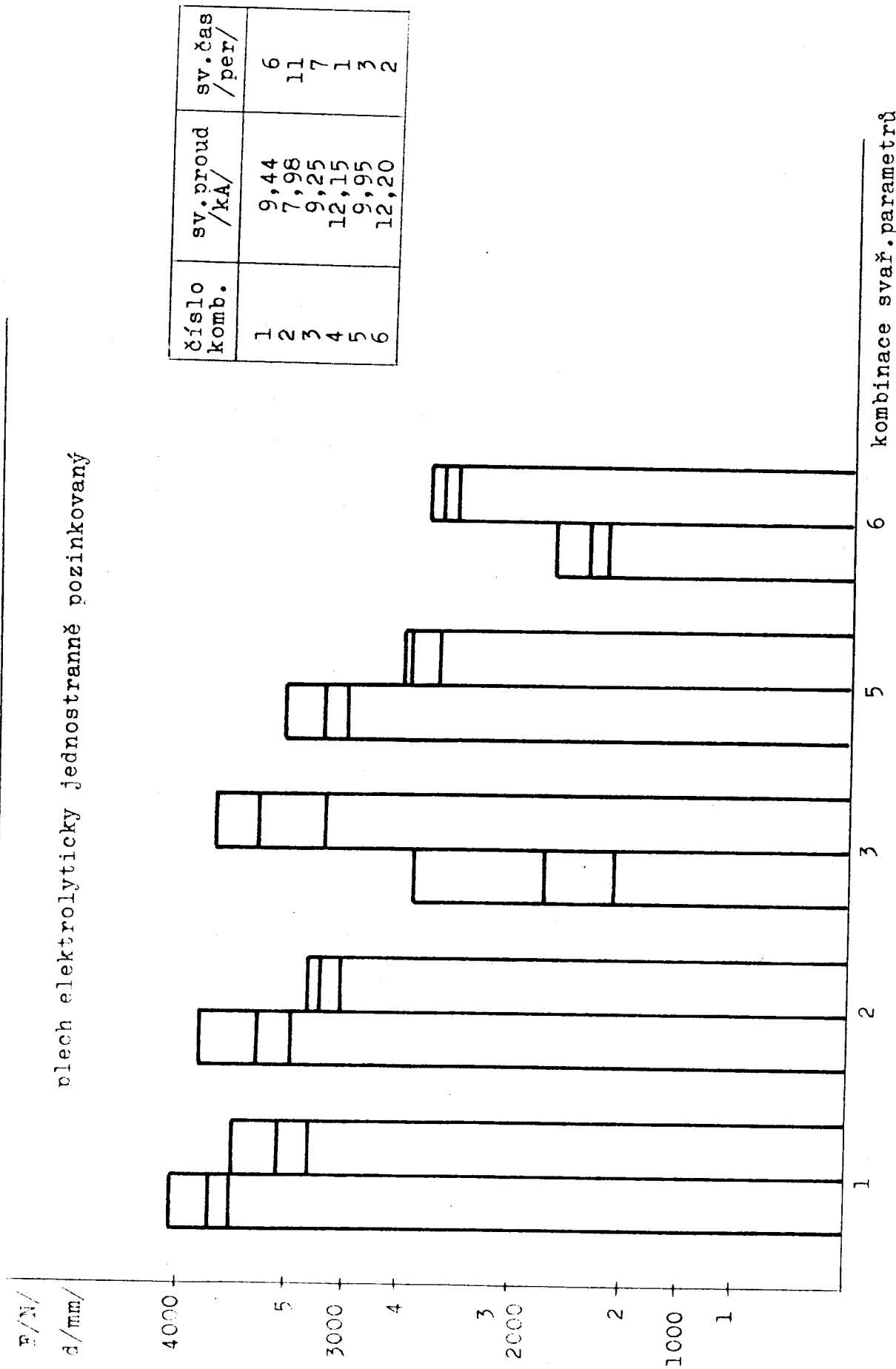
Tab. 6

HLEDÁNÍ VHODNÝCH SVAŘOVACÍCH PARAMETRŮ

Druh plechu: žárově oboustranně pozinkovaný							
Ø pracovní plochy elektrody: 5mm svařovací síla: 2250N							
číslo kombi- nace	číslo vzor- ku	číslo svaru	svař. proud /kA/	svař. čas /per/	max.ún. spoje /N/	Ø svaru /mm/	Poznámka
1	1	11	10,00	6	1850	4,21	dobrý povrch
	2	12	10,00	6	1930	4,67	
	3	13	10,00	6	1560	4,09	
	4	14	9,95	6	2030	4,11	
	5	15	9,95	6	2020	4,14	
	6	16	9,95	6	1840	4,17	
2	7	19	8,00	11	-	5,20	rozpad vzorků
	8	20	8,00	11	-	-	
	9	21	8,00	11	-	-	
	10	22	7,95	11	-	-	
	11	23	7,95	11	-	-	
	12	24	7,95	11	-	-	
3	13	27	9,80	7	2780	4,82	výstřiky
	14	28	9,95	7	1970	4,74	
	15	29	9,95	7	2620	4,78	
	16	30	10,00	7	1980	4,32	
	17	31	10,00	7	2390	4,74	
	18	32	9,95	7	2120	4,60	
4	19	6	13,20	1	-	-	rozpad vzorků
	20	7	13,20	1	-	-	
	21	8	13,20	1	-	-	
	22	9	13,40	1	-	-	
	23	10	13,20	1	-	-	
	24	11	13,30	1	-	-	
5	25	16	10,60	3	1980	3,82	dobrý povrch
	26	17	10,70	3	1700	3,60	
	27	18	10,65	3	1760	3,62	
	28	19	10,65	3	1890	3,80	
	29	20	10,60	3	1770	3,67	
	30	21	10,70	3	1840	3,80	
6	31	27	13,30	2	1030	4,21	výstřiky
	32	28	13,40	2	1040	4,02	
	33	29	13,35	2	1050	3,97	
	34	30	13,30	2	990	3,99	
	35	31	13,30	2	1080	4,11	
	36	32	13,35	2	1000	4,12	

HLEDDÁNÍ VHODNÝCH SVAŘ. PARAMETRŮ

plech elektrolyticky jednostranně pozinkovaný



Graf 1

kombinace svař. parametrů

HLEDÁNÍ V HODNÝCH SVAŘ. PARAMETRŮ

plech elektrolytický oboustranně pozinkovaný

F/N/
d/mm/

4000

5

3000

42

3

2000

2

1000

1

1

2

3

5

6

kombinace svař. parametrů

Graf 2

číslo komb.	sv.proud / kA/	sv.čas /per/
1	9,78	6
2	8,00	11
3	9,80	7
4	12,73	1
5	10,40	3
6	12,79	2

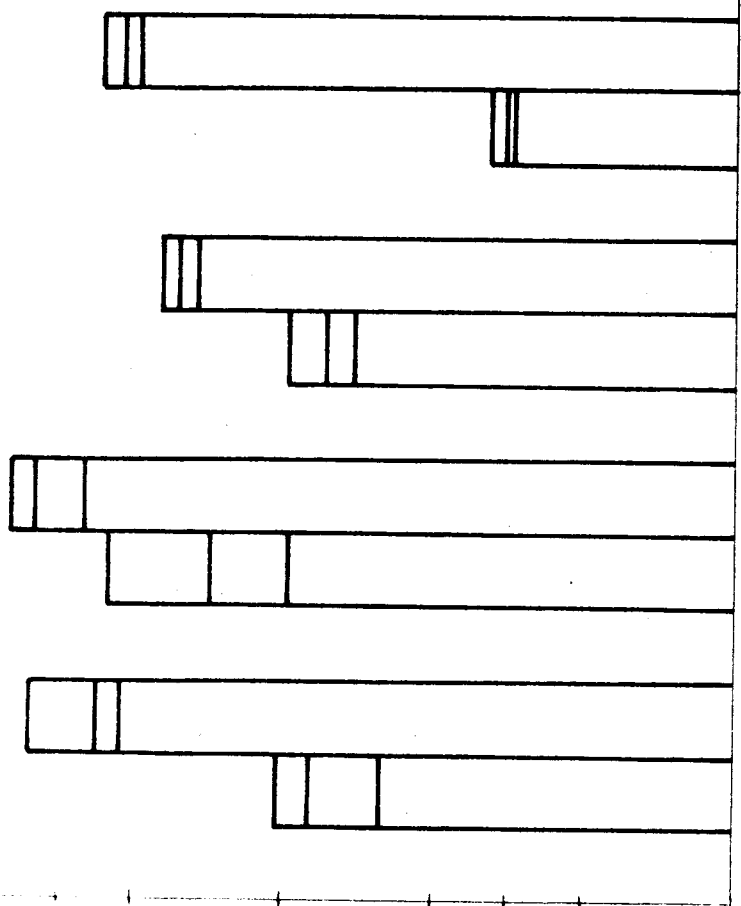
HLEDÁNÍ VHODNÝCH SVAŘ. PARAMETRŮ

plech žárově oboustranně pozinkovaný

F/N/
d/mm/

5
3000
4
3
2000
2
1000
1

číslo komb.	sv.proud / kA /	sv.čas /per/
1	9,98	6
2	7,98	11
3	9,94	7
4	13,25	1
5	10,65	3
6	13,33	2



kombinace svař. parametrů

Graf 3

Tab. 7

TEST ŽIVOTNOSTI ELEKTROD

Druh plechu: elektrolyticky jednostranně pozinkovaný					
Ø pracovní plochy elektrody: 5mm svařovací síla: 2250 N					
Svařovací čas: 6 period					
číslo svaru	číslo vzorku	svařov. proud /kA/	max.ún. spoje /N/	Ø svaru /mm/	Poznámka
11	50	8,6	2930	4,19	
12	51	8,6	3100	3,84	
13	52	8,6	2880	3,89	
250	53	8,2	3600	4,41	
251	54	8,2	3050	4,51	
252	55	8,2	3480	4,38	
500	56	8,2	3350	3,68	
501	57	8,2	3260	4,48	
502	58	8,2	3120	4,42	
750	59	8,4	2970	4,54	
751	60	8,4	2800	3,89	
752	61	8,5	3040	4,41	
1000	62	8,0	3620	4,46	
1001	63	8,0	3440	4,55	
1002	64	8,0	3370	4,46	
1250	65	8,0	3120	4,47	
1251	66	8,0	3160	4,56	
1252	67	8,0	2990	4,48	
1500	68	8,0	3080	4,37	
1501	69	8,1	3230	4,24	
1502	70	8,1	3180	4,27	
1750	71	8,5	2940	4,34	
1751	72	8,5	3110	4,34	
1752	73	8,5	2900	4,32	
2000	74	8,6	2750	3,96	
2001	75	8,6	3060	4,19	
2002	76	8,7	3180	4,21	
10	41	9,4	4060	4,53	experiment zastaven - viz.text
11	42	9,4	4080	4,62	
12	43	9,5	4030	4,56	
11	44	9,2	3460	4,49	
12	45	9,2	3010	4,00	
13	46	9,2	3520	4,45	
48	47	9,2	3740	4,65	
49	48	9,2	3660	4,65	
50	49	9,2	3500	4,46	

Tab. 8

TEST ŽIVOTNOSTI ELEKTROD

Druh plechu: elektrolyticky oboustranně pozinkovaný					
Ø pracovní plochy elektrody: 5mm				svařovací síla: 2250 N	
Svařovací čas: 6 period					
číslo svaru	číslo vzorku	svařov. proud /kA/	max.ún. spoje /N/	Ø svaru /mm/	Poznámka
12	41	10,0	3200	4,61	{sníženo na 5 per;při 140 zpět na 6 per;při 180 na 5 per; při 200 na 6 per.
13	42	9,9	3110	4,63	
14	43	9,8	3260	4,63	
250	44	9,5	3560	5,08	
251	45	9,4	3580	4,88	
252	46	9,4	3430	5,05	
500	47	9,5	3120	4,55	
501	48	9,5	2750	4,42	
502	49	9,4	2760	4,68	
750	50	9,2	3060	4,63	
751	51	9,2	2580	4,61	
752	52	9,2	3170	4,62	
1000	53	9,2	2880	4,64	
1001	54	9,3	2640	4,42	
1002	55	9,2	2720	4,79	
1250	56	9,2	3000	4,75	
1251	57	9,3	3290	4,72	
1252	58	9,3	3370	4,71	
1500	59	9,4	2560	4,52	
1501	60	9,4	2540	4,36	
1502	61	9,4	2410	4,13	
1750	62	9,4	1500	—	
1751	63	9,4	1330	—	
1752	64	9,4	1210	—	
2000	65	9,6	1860	—	
2001	66	9,6	2010	—	
2002	67	9,6	1600	—	
					natavený povlak - nelze změřit průměr

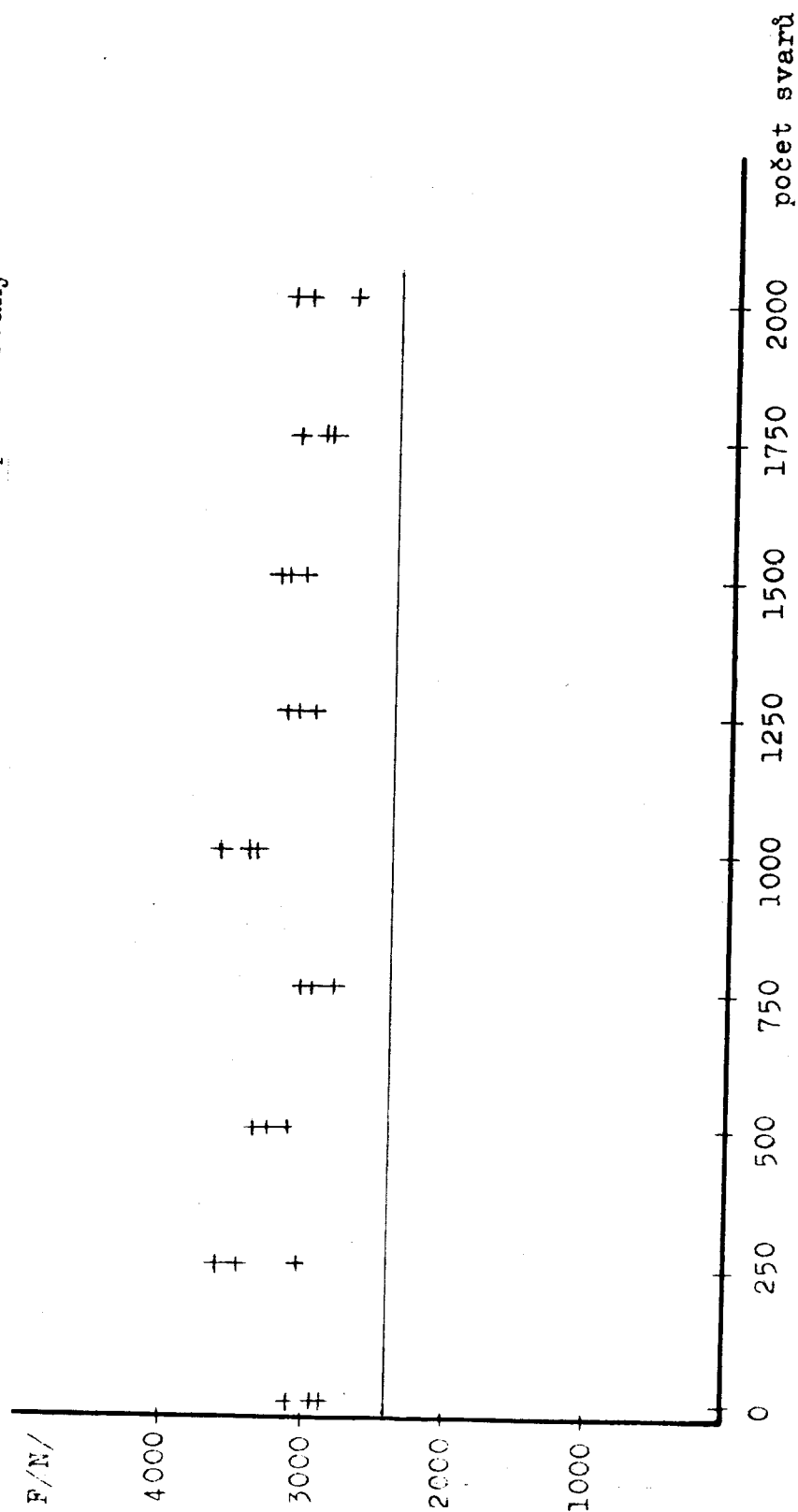
Tab. 9

TEST ŽIVOTNOSTI ELEKTROD

Druh plechu:		žárově oboustranně pozinkovaný			
Ø pracovní plochy:		elektrody: 5mm		svařovací síla: 2250 N	
Svařovací čas: 6 period					
číslo svaru	číslo vzorku	svařov. proud /kA/	max. ún. spoje /N/	Ø svaru /mm/	Poznámka
11	40	9,7	2160	4,16	natavený povlak - nelze změřit průměr
12	41	9,7	2080	4,13	
13	42	9,7	2220	4,26	
250	43	9,6	1620	2,94	
251	44	9,6	1340	2,71	
252	45	9,6	1320	2,21	
500	46	9,4	1020	—	
501	47	9,4	640	—	
502	48	9,6	770	1,21	
750	49	9,2	1990	4,21	
751	50	9,3	1140	1,93	
752	51	9,3	1050	1,90	
1000	52	9,6	1930	3,71	
1001	53	9,6	1690	3,23	
1002	54	9,6	1280	2,13	
1250	55	9,2	1850	3,51	
1251	56	9,2	1730	3,53	
1252	57	9,2	1870	3,45	
1500	58	9,2	1980	4,91	
1501	59	9,2	1800	4,51	
1502	60	9,2	1560	4,08	
1750	61	9,2	1630	3,24	
1751	62	9,3	1660	2,31	
1752	63	9,2	1470	2,11	
2000	64	9,2	1730	3,58	
2001	65	9,2	1720	3,42	
2002	66	9,3	1650	3,38	

TEST ŽIVOTNOSTI ELEKTROD

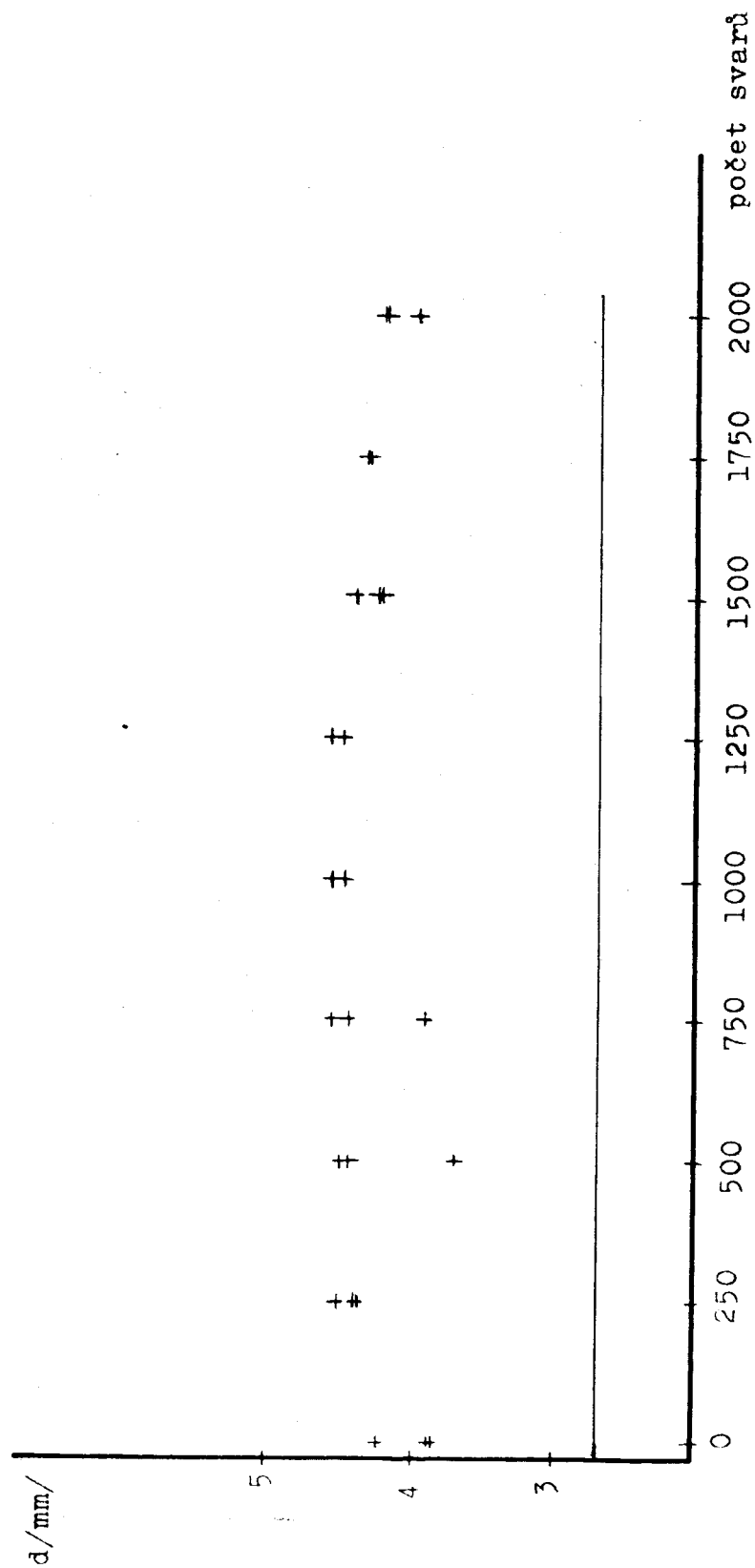
plech elektrolytický jednostranně pozinkovaný



Graf 4 Vliv počtu svarů na maximální únosnost svarového spoje

TEST ŽIVOTNOSTI ELEKTROD

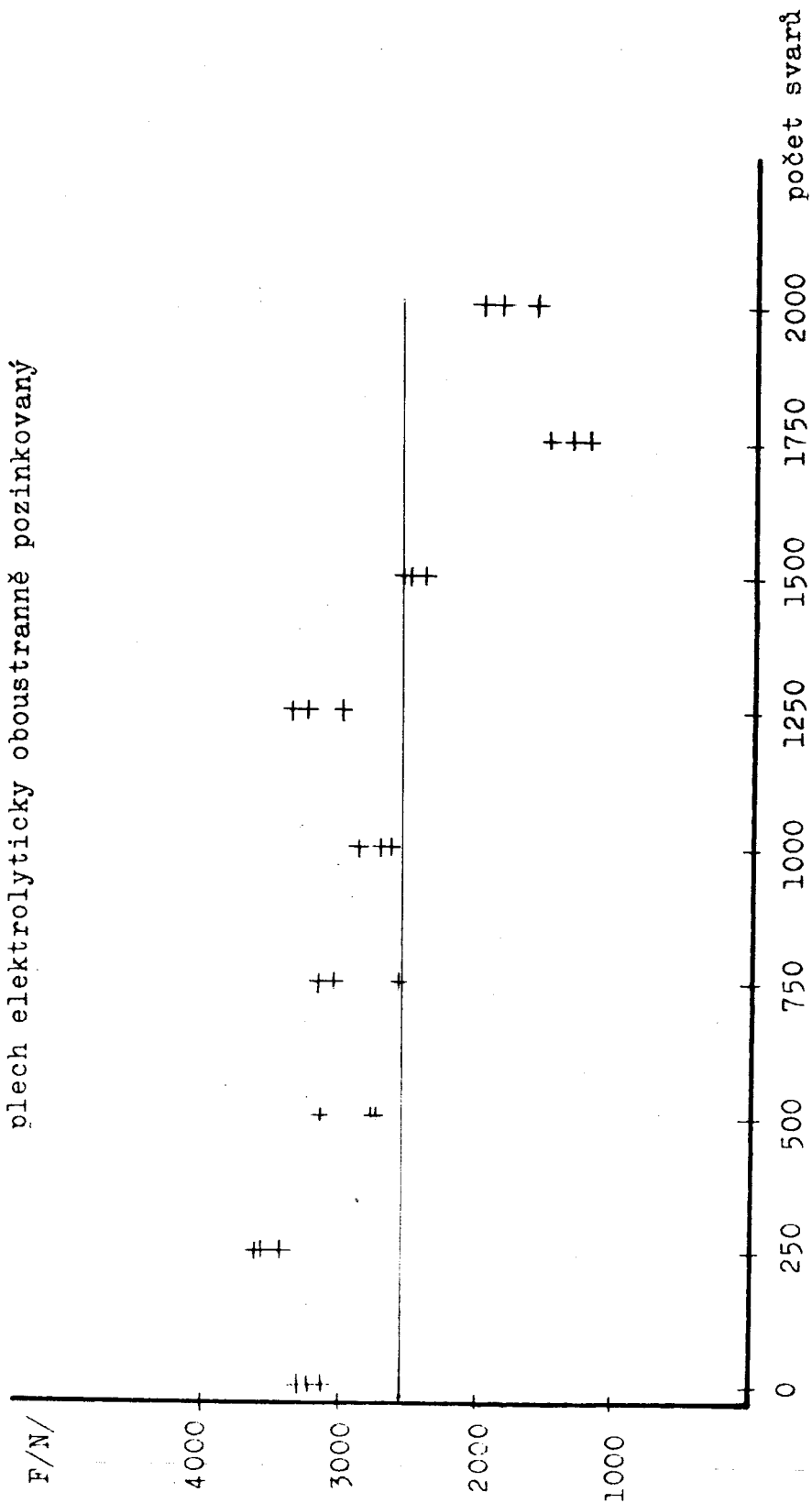
plech elektrolyticky jednostranně pozinkovaný



Graf 5 Vliv počtu provedených svarů na průměr svaru

TEST ŽIVOTNOSTI ELEKTROD

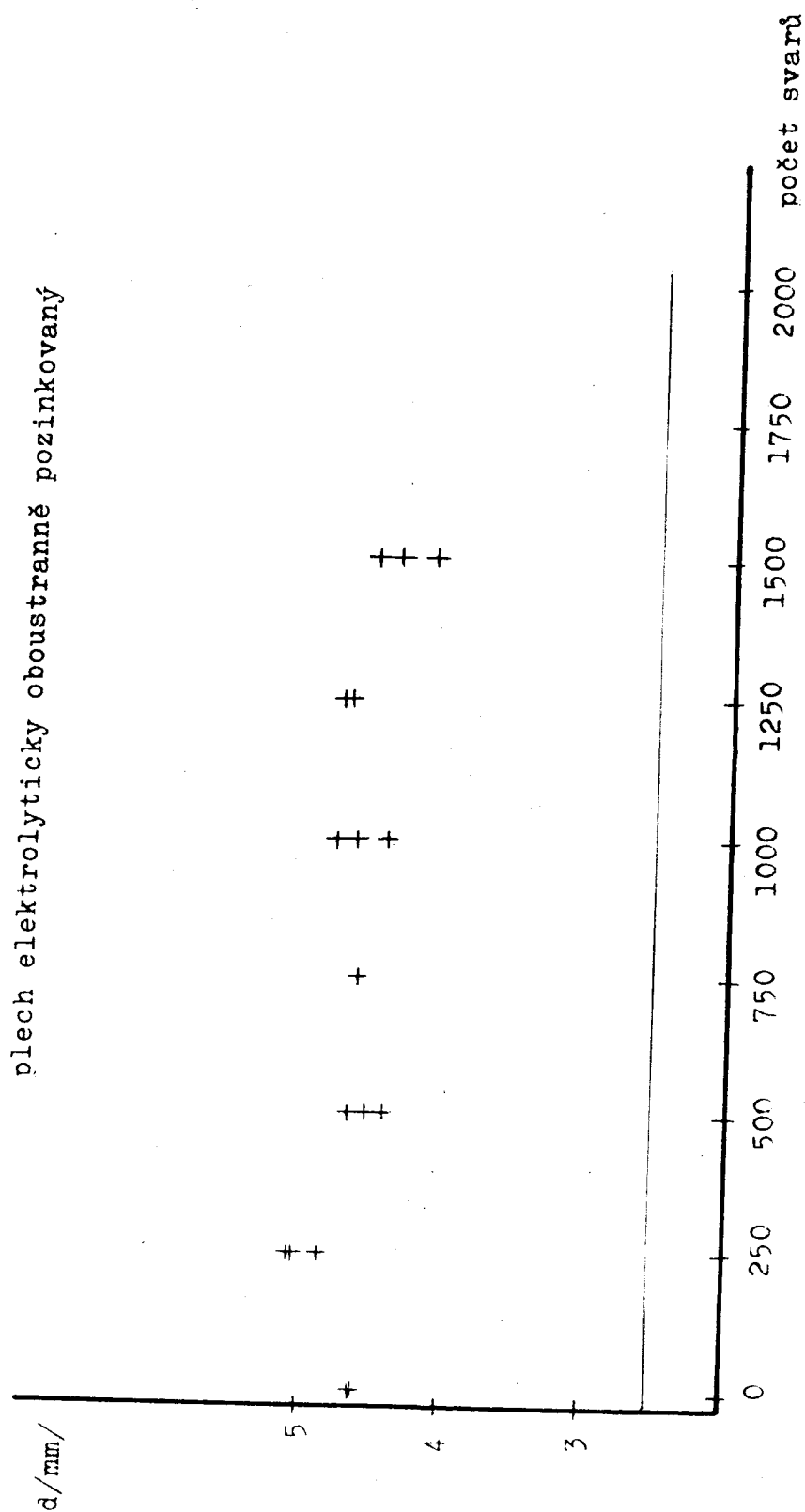
plech elektrolytický oboustranně pozinkovaný



Graf 6 Vliv počtu svarů na maximální únosnost svarového spoje

TEST ŽIVOTNOSTI ELEKTROD

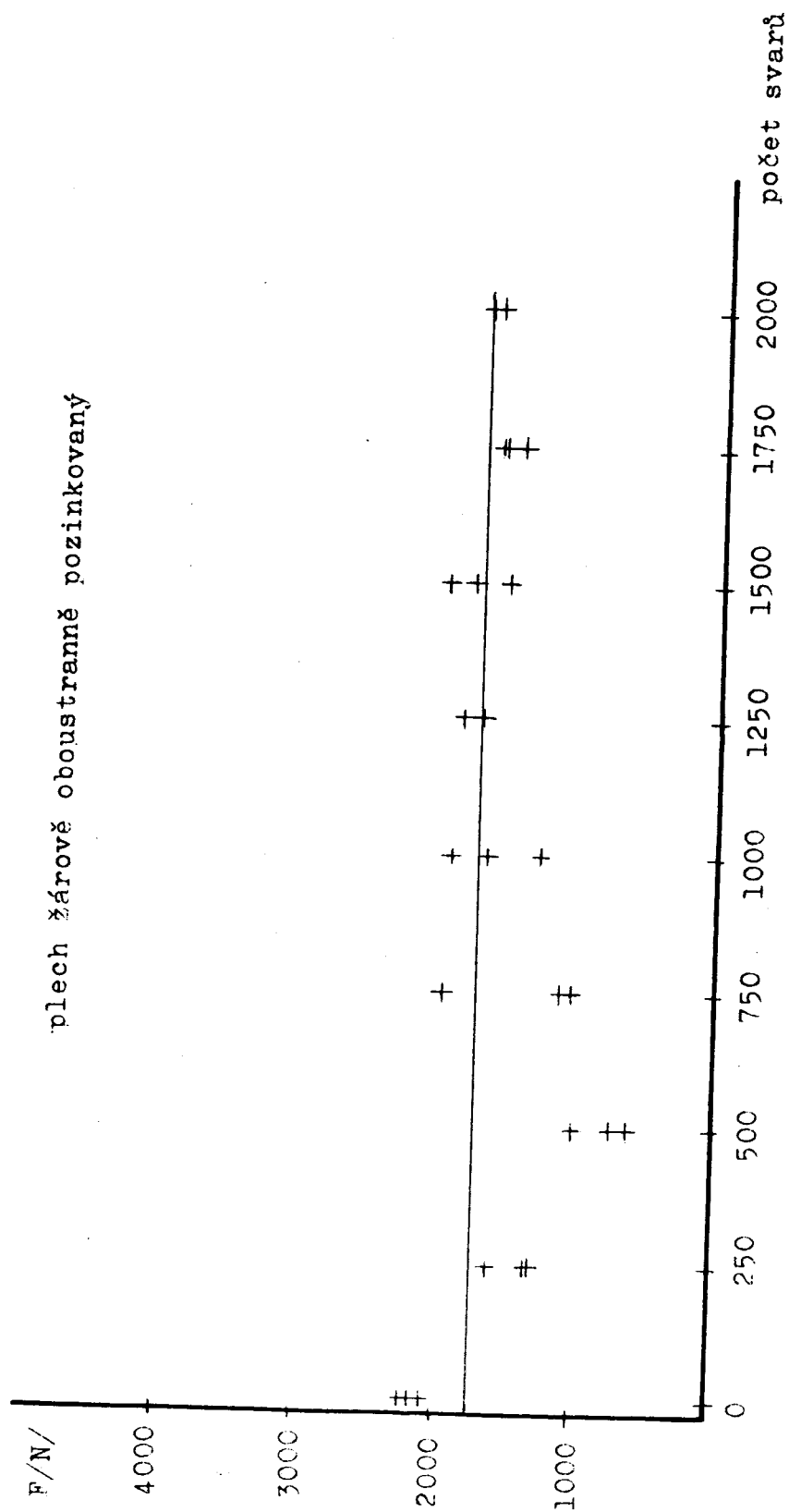
plech elektrolyticky oboustranně pozinkovaný



Graf 7 Vliv počtu provedených svarů na průměr svaru

TEST ŽIVOTNOSTI ELEKTROD

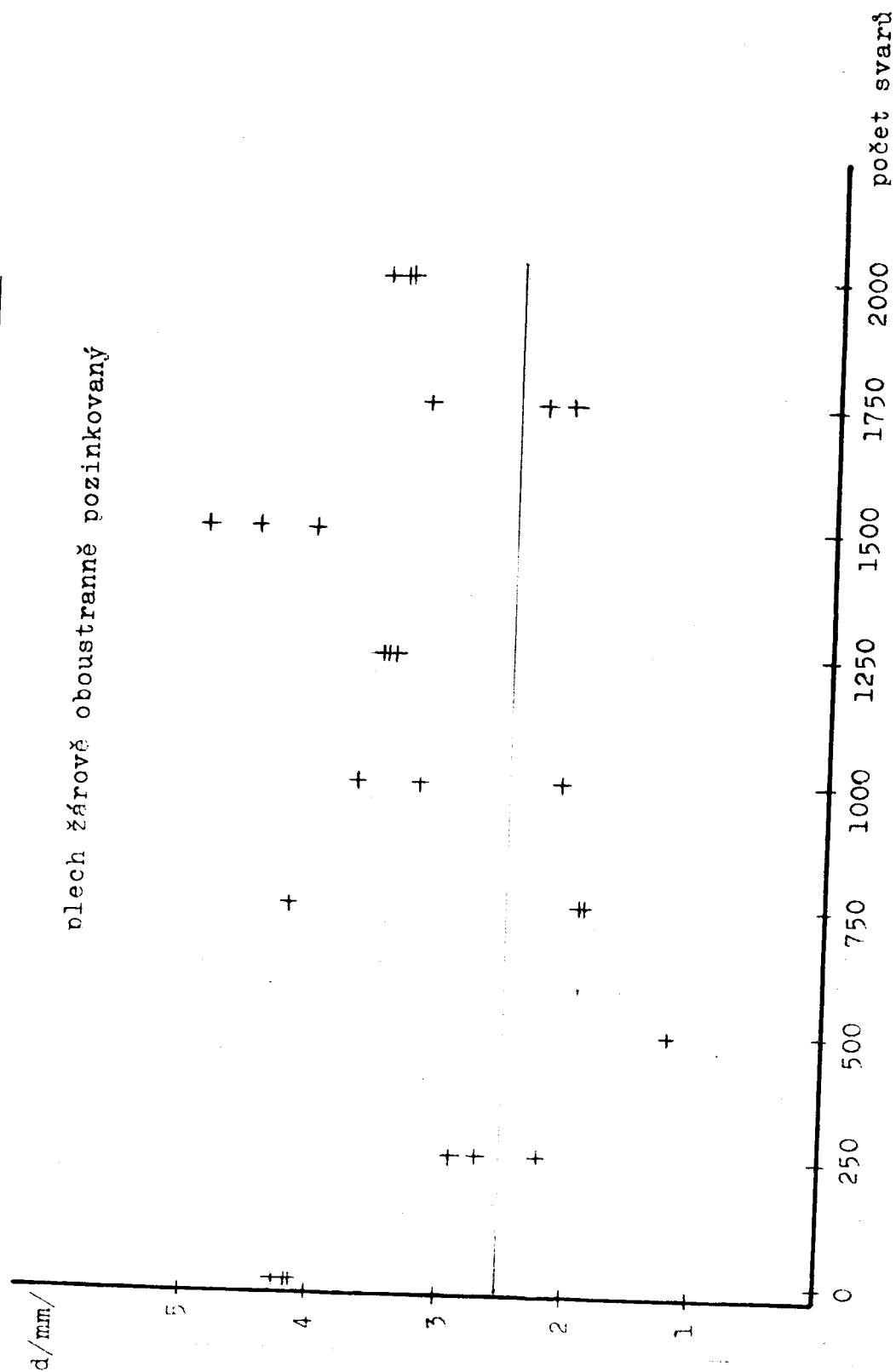
plech žárově oboustranně pozinkovaný



Graf 8 Vliv počtu svarů na maximální únosnost svarového spoje

TEST ŽIVOTNOSTI ELEKTROD

plech žárově oboustranně pozinkovaný



Graf 9 Vliv počtu provedených svarů na průměr svaru

5. ZÁVĚR

Životnost svařovacích elektrod je rozhodujícím faktorem, který stanovuje možnosti bodového odporového svařování ocelových pozinkovaných plechů. Význam této skutečnosti ještě vzrostl zaváděním automatizace a robotizace do svařoven. Životnost elektrod závisí nejen na svařovaném materiálu, ale také na použitých svařovacích parametrech, které je nutno stanovit tak, abychom co možná nejdéle udrželi požadovanou kvalitu svarů. Již samotná volba optimálních svařovacích parametrů sebou přináší řadu problémů. Hodnoty svařovacích parametrů uváděné v literatuře se totiž dosti liší a jejich aplikace bez předchozího ověření pro konkrétní materiál se jeví být riskantní. Je také zřejmé, že nezanedbatelný vliv na úroveň vhodných svařovacích parametrů mají i použitá svařovací zařízení a proto uspokojivé výsledky dosažené v laboratoři ještě nemusí zaručovat bezproblémovou sériovou výrobu ve svařovnách.

Výsledky diplomové práce potvrdily, že svařování jednostranně elektrolyticky pozinkovaných plechů pokovenými stranami k sobě lze z hlediska životnosti elektrod posuzovat a chápat jako svařování holých ocelových plechů. Plech oboustranně elektrolyticky pozinkovaný v testu životnosti stanovil počet svarů provedený jednou dvojicí elektrod na cca 1250. Dosud získané poznatky o svařování pozinkovaných plechů ale nedovolují brát tuto hodnotu

jako určující. Pro získání objektivních výsledků by bylo nutno provést ještě řadu zkoušek. U plechu žárově pokoveného bylo dosaženo neuspokojivých výsledků. Dle vyjádření odborníků automobilového průmyslu jsou hodnoty pevnosti svarů nízké a tím tedy také pro stavbu karoserií nevhovující. Řešením by bylo pravděpodobně použití programového průběhu síly tak, aby se zvýšená síla použila až po odstranění povlaku. Dalším řešením by mohlo být také ověření jiných parametrů.

Cílem diplomové práce bylo získání předběžných orientačních údajů o konkrétních typech pozinkovaných plechů, které by měly být v budoucnu použity při stavbě karoserií vozů ŠKODA. Z tohoto pohledu byla také zvolena použitá metodika hodnocení výsledků. Na základě dosud získaných zkušeností bych doporučil u testu 2000 provádět vždy po 250-ti svarech alespoň 6 měření, aby bylo možno provést statistické vyhodnocení výsledků, a to i za cenu zvýšení pracnosti.

V dalších pracích věnovaných problematice bodového odporového svařování by bylo vhodné zjistit také pevnostní hodnoty svarových spojů zkouškou tahem na střih. Nezbytné bude také provedení experimentálních prací i s jinými kombinacemi vzájemné polohy svařovaných pozinkovaných plechů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Plíva L. : Odporové svařování. Praha 1975.
2. Neumann H.: Bodové odporové svařování ocelových plechů s povlaky na bázi slitiny Al-Zn./Výzkumná zpráva K 197/4 /.Liberec ,VŠST,1990.
3. Neumann H.: Odporová svařitelnost ocelových plechů s povlaky na bázi zinku a slitin zinku. /Technická zpráva č.ú.69135/350/.Liberec VŠST, 1979.
4. Thyssen Technische Berichte : Oberflächenveredelte Feinbleche für die Automobilindustrie.Heft 2/86.
5. Matejec, Mucha : Odporová zvaritelnost pokovených plechov s vrstvou Zn a FeZn.Literárna rešerš.Technická správa VÚZ Bratislava. 1989.
6. Sýkora : Problematika zpracovatelnosti pozinkovaných plechů v AZNP Ml.Boleslav.Technická zpráva.1988.
7. Beschichtete Bleche Schweißen.Fahrzeng - Karosserie. č.2. 1979.
8. VW - Die Zukunft des Verzinkens im Automobilbau.
9. Mercedes Benz Korrosionsschutz
10. Odporové zvarovanie - Československá štátna norma.9.8.1977. ÚNM Praha 1973.

Děkuji touto cestou svému vedoucímu diplomové práce Ing.Heinzi Neumannovi,CSc. za metodickou pomoc a poskytování informací při vypracování diplomové práce.Děkuji také svému konzultantovi Ing.Františku Mohelskému za poskytnuté konzultace a zapůjčení literatury.Poděkování patří také panu Stanislavu Bíglovi z a.a.s.Škoda za nezištnou pomoc při obstarávání materiálů k experimentální části diplomové práce.

Michal Kravánek